



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai bagian negara-negara dunia dituntut untuk siap menghadapi era perdagangan bebas. Terlebih lagi pada tahun 2016 negara-negara ASEAN menggalakkan AFTA (*ASEAN Free Trade Association*) atau pasar bebas di kalangan negara ASEAN. Karena dua hal tersebut, diperlukan usaha-usaha agar Indonesia mampu bersaing dengan negara-negara lain menjadi produsen bukan hanya sebagai konsumen. Salah satu usaha yang dapat ditempuh adalah melalui sektor perindustrian. Untuk itu, industrialisasi di Indonesia lebih dimantapkan dan dikuatkan untuk mendukung berkembangnya industri sebagai penggerak laju pertumbuhan ekonomi dan perluasan lapangan kerja.

Salah satu produk industri kimia yang banyak digunakan adalah asam sulfat. Banyaknya produksi asam sulfat merupakan indikator kuatnya perekonomian suatu negara di sektor industri. Hal tersebut dikarenakan asam sulfat banyak digunakan sebagai bahan pembantu dalam berbagai proses industri lain terutama industri pupuk. Selain itu, asam sulfat merupakan katalisator yang baik.

Pendirian pabrik asam sulfat ini diharapkan akan dapat memenuhi kebutuhan asam sulfat di Indonesia. Sehingga dapat memacu tumbuh dan berkembangnya industri lain yang menggunakan asam sulfat baik secara langsung maupun tidak langsung. Dilihat dari segi sosial dan kemasyarakatan akan dapat meningkatkan kemampuan sumber daya manusia serta dapat memberikan perluasan lapangan kerja.



1.2. Kapasitas Perancangan

Pabrik asam sulfat direncanakan didirikan pada tahun 2018. Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik asam sulfat diperlukan pertimbangan kebutuhan asam sulfat di Indonesia dan kapasitas rancang minimum.

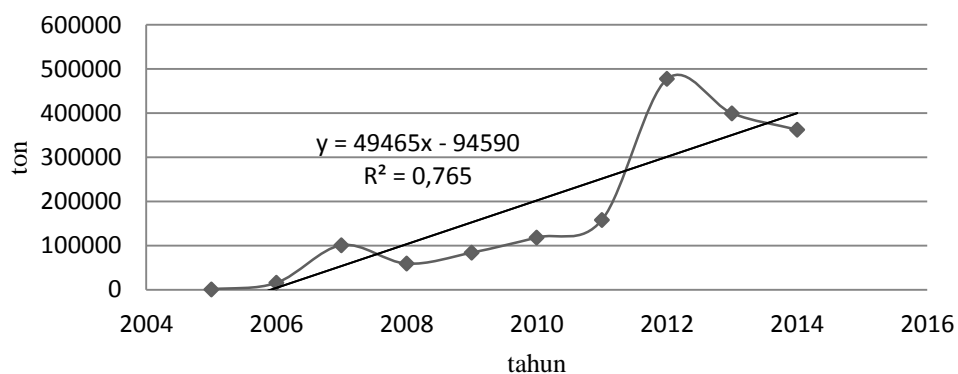
1.2.1. Kebutuhan

Kebutuhan asam sulfat di Indonesia setiap tahun terlihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Perkembangan impor asam sulfat di Indonesia (BPS, 2005-2014).

Tahun	Impor (ton/tahun)
2005	468
2006	15.402
2007	100.625
2008	58.849
2009	83.789
2010	118.139
2011	158.138
2012	477.420
2013	399.534
2014	362.314

Dari data Tabel 1.1. dapat dibuat regresi linier hubungan antara tahun dengan jumlah impor asam sulfat.



Gambar 1.1. Grafik hubungan antara tahun dengan jumlah impor asam sulfat



Persamaan garis linier yang diperoleh adalah

$$y = 49,465 \times 10^3 x - 94,590 \times 10^3 \dots\dots\dots (1.1)$$

Sehingga pada tahun 2018 saat pembuatan pabrik asam sulfat
diperkirakan kebutuhan asam sulfat $= 49,465 \times 10^3 x - 94,590 \times 10^3$
 $= 49,465 \cdot 10^3 (14) - 94,590 \times 10^3$
 $= 597.920 \text{ ton/tahun}$

1.2.2. Kapasitas rancang minimum

Kapasitas rancangan tidak boleh terlalu besar karena mengakibatkan biaya produksi tinggi. Selain itu, kapasitas rancangan juga tidak boleh terlalu rendah karena produk yang terjual sedikit sehingga tidak mendapatkan untung. Perkiraan kapasitas rancangan minimum dapat dilakukan dengan mengetahui kapasitas pabrik asam sulfat yang sudah berdiri. Berdasarkan Tabel 1.2. kapasitas rancang minimum pabrik asam sulfat adalah 10.950 ton/tahun. Sementara kapasitas maksimum pabrik asam sulfat adalah 416.100 ton/tahun.

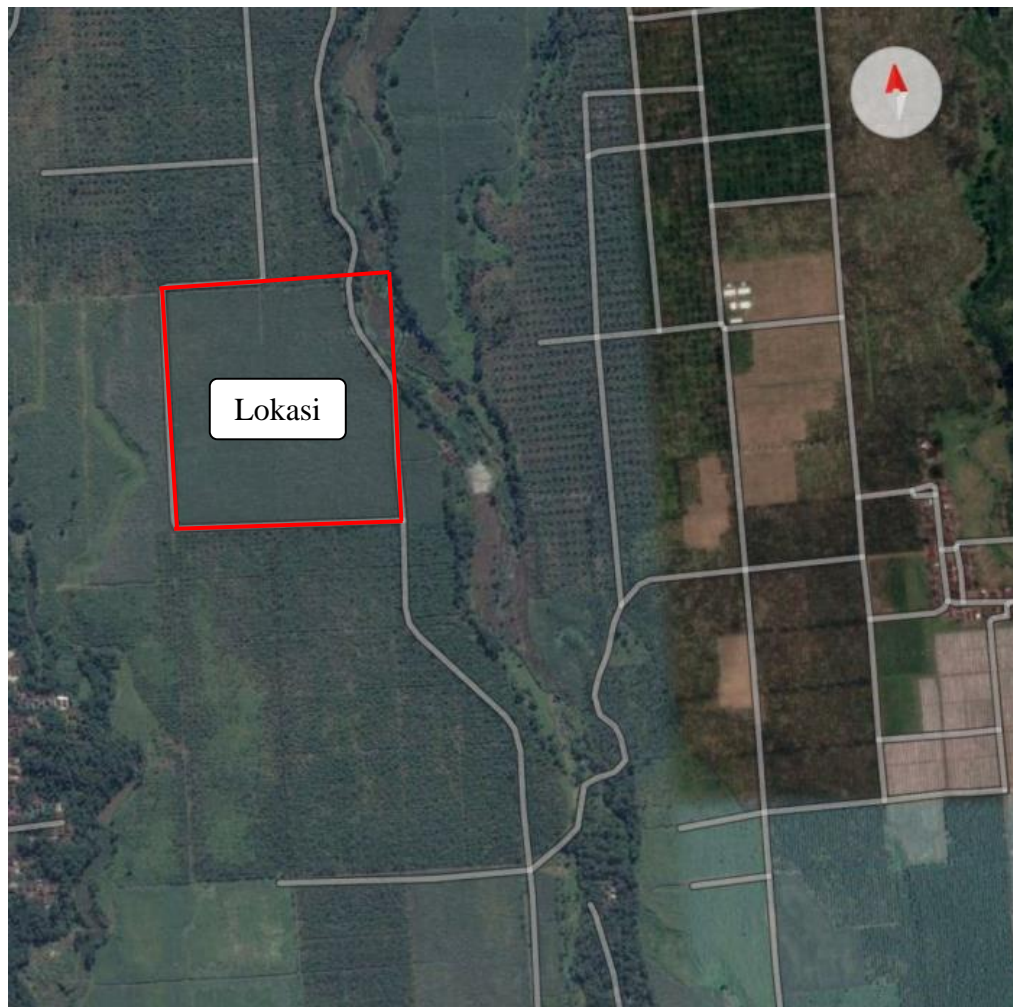
Tabel 1.2. Kapasitas pabrik asam sulfat yang sudah berdiri (DKL Engineering, 2008)

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Agip Petroli Spa	Italia	178.850
PT. Indo Barat Rayon	Indonesia	91.250
PT. Indo Acids	Indonesia	82.500
PT. Petrokimia	Indonesia	300.000
Asahi Kasei Chemichal	Jepang	73.000
OAQ Kazzinc	Kazakhstan	326.675
Qatar Acids Company	Qatar	10.950
ZAO Karabashmed	Rusia	416.100
Petro Peru	Peru	167.900
JSC Naftan Company	Belarusia	167.170

Dari dua pertimbangan di atas maka dipilih kapasitas prarancangan pabrik asam sulfat sebesar 310.000 ton/tahun.



1.3. Lokasi Pabrik



Gambar 1.2. Lokasi Pendirian Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan langkah awal yang menentukan keberlangsungan dan keberhasilan proses suatu pabrik. Faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pendirian pabrik diantaranya adalah ketersediaan bahan baku, pemasaran, ketersediaan air, kebijakan pemerintah mengenai pajak dan peraturan terkait serta sarana transportasi dan distribusi.



Berdasarkan pertimbangan dari beberapa faktor tersebut maka dipilih kawasan industri Banyuwangi sebagai lokasi pendirian pabrik asam sulfat dengan penjelasan sebagai berikut:

1.3.1. Faktor primer

a. Ketersediaan sarana transportasi

Transportasi merupakan penunjang utama dalam penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Transportasi yang tersedia diantaranya adalah darat (jalan raya) dan laut (pelabuhan). Transportasi darat dilakukan dengan pengiriman produk melalui jalan raya. Sementara transportasi laut melalui dua pelabuhan yaitu Pelabuhan Ketapang di Banyuwangi dan Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya.

b. Pemasaran

Pabrik asam sulfat yang akan didirikan ini bertujuan untuk memenuhi permintaan dalam negeri. Produk asam sulfat akan didistribusikan melalui jalur laut. Keuntungan yang diperoleh dari produksi asam sulfat cukup besar. Sesuai analisis ekonomi harga bahan baku sekitar 1.750.000 rupiah/ton dan harga produk 3.000.000 rupiah/ton.

c. Ketersediaan air

Air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan dalam pabrik asam sulfat ini. Air tersebut digunakan sebagai air sanitasi dan air utilitas. Kebutuhan air akan dipenuhi dari Sungai Baru.

d. Keadaan geografis dan iklim

Lokasi yang dipilih dalam pendirian pabrik asam sulfat merupakan daerah bebas banjir, gempa, gunung meletus dan angin topan. Selain itu lokasi pabrik merupakan daerah mati atau daerah yang peruntukannya bukan untuk pertanian.

1.3.2. Faktor sekunder

a. Kemungkinan perluasan pabrik

Kawasan industri Banyuwangi masih merupakan kawasan baru. Sehingga masih banyak lahan yang belum digunakan. Kawasan industri



akan dibuka di lahan yang telah mati sehingga tidak akan menggunakan lahan pertanian sebagai lokasi pendirian kawasan industri.

b. Sosial dan kemasyarakatan

Daerah yang dipilih berada jauh dari pemukiman penduduk. Sehingga meminimalkan terjadinya korban akibat kecelakaan yang tidak diinginkan. Selain itu dengan adanya pabrik asam sulfat ini diharapkan dapat menyerap jumlah tenaga kerja serta mampu meningkatkan kemampuan sumber daya manusia di kabupaten Banyuwangi.

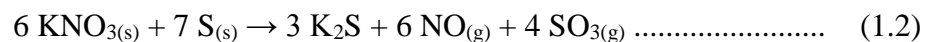
1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam-macam proses pembuatan asam sulfat

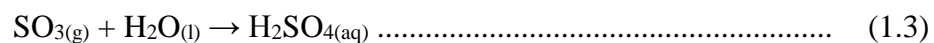
1.4.1.1. Proses *lead chamber*

Pada tahun 1746, John Roebuck menemukan proses *Lead Chamber* dalam pembuatan asam sulfat. Pada waktu itu, asam sulfat yang dihasilkan hanya beberapa ons saja dan ditaruh dalam botol gelas. Namun sebenarnya proses tersebut dapat menghasilkan asam sulfat hingga satu ton (DKL Engineering, 2008).

Dalam proses *lead chamber*, sulfur dan kalium nitrat dibakar dengan foil dari timbal. Kalium nitrat mengoksidasi sulfur menjadi sulfur trioksida sesuai reaksi berikut (DKL Engineering, 2008):

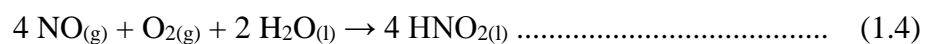


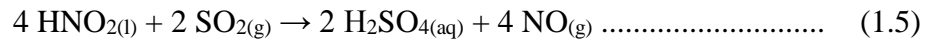
Kemudian sulfur trioksida direaksikan dengan air menghasilkan asam sulfat sesuai reaksi berikut (DKL Engineering, 2008):



Proses ini adalah proses *batch* sehingga membutuhkan kalium nitrat yang banyak (DKL Engineering, 2008).

Pada tahun 1835, Joseph Gay-Lussac menemukan sebuah proses untuk mengambil nitrogen dalam nitrogen monoksida untuk menggantikan nitrogen yang dikandung dalam kalium nitrat (DKL Engineering, 2008).



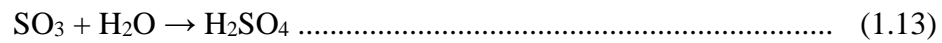
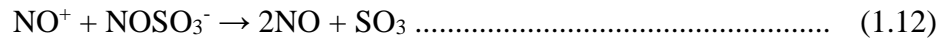


Pada umumnya proses *lead chamber* melalui tiga tahap, yaitu: menara Glover, *lead chamber* (ruang utama), dan Guy-Lusac *tower* (DKL Engineering, 2008).

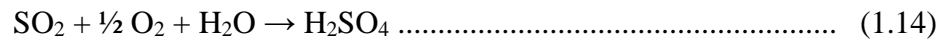
Proses ini dimulai dengan memasukkan gas sulfur dioksida panas melalui bagian bawah menara Glover untuk dilakukan proses *washing* menggunakan *nitrous vitriol* dan dicampur dengan nitrat dan gas nitrogen dioksida. Menara Glover ini memiliki dua fungsi, yaitu menghasilkan asam sulfat yang disebut asam *chamber* dan *stripping* nitrogen monoksida dari cair ke gas atau disebut denitrasi. Konsentrasi asam *chamber* (62% sampai 68% H_2SO_4) dihasilkan dari gas panas yang memasuki menara kemudian menguapkan kandungan airnya. Kemudian sulfur dioksida dioksidasi menjadi sulfur trioksida dan dilarutkan membentuk asam Glover (sekitar 78% H_2SO_4). Nitrogen monoksida yang terlarut dilepaskan dari asam dan dibawa gas keluar dari menara (DKL Engineering, 2008).

Dari menara Glover campuran gas (termasuk sulfur dioksida dan trioksida, nitrogen monoksida, nitrogen, oksigen, dan uap) dialirkan ke reaktor berlapis timah di mana akan bereaksi dengan lebih banyak air. Asam sulfat dibentuk oleh serangkaian reaksi; diembunkan di dinding dan dikumpulkan di bagian bawah. Mungkin ada 3 sampai 12 ruang dalam satu reaktor; gas melewati setiap ruangan berturut-turut. Asam yang diproduksi dalam ruang, yang sering disebut asam *chamber* atau asam pupuk, mengandung 62% sampai 68% H_2SO_4 . Reaksi yang terjadi di dalam *lead chamber* adalah (DKL Engineering, 2008):





Reaksi keseluruhan adalah:



Setelah gas melewati *lead chamber* kemudian dimasukkan ke dalam reaktor yang disebut menara Guy-Lussac di mana mereka dicuci dengan didinginkan asam pekat (dari menara Glover); nitrogen monoksida dan sulfur dioksida tidak bereaksi larut dalam asam untuk membentuk vitriol nitrous digunakan di menara Glover. Limbah gas keluar menara Guy-Lussac biasanya dibuang ke atmosfer (DKL Engineering, 2008).

Produk asam pada konsentrasi 78% H_2SO_4 diambil dari aliran asam didinginkan yang beredar dari menara ke menara Glover Guy-Lussac. Nitrogen yang terbuang direcovery dengan membuat dengan asam nitrat yang ditambahkan ke menara Glover (DKL Engineering, 2008).

1.4.1.2. Proses kontak

Di awal ditemukannya proses kontak, produksi pabrik asam sulfat hanya sekitar 20 ton/tahun, berbeda jauh dengan pabrik asam sulfat sekarang. Dahulu menggunakan katalis berupa platina sehingga membutuhkan sistem pengolahan limbah gas dari katalis platina yang sangat beracun. Katalis vanadium baru ditemukan sekitar tahun 1990 (Friedman dan Samantha, 2008).

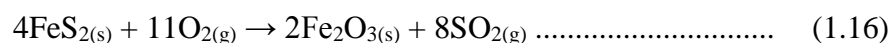
Proses kontak terdiri dari 3 tahap (Clark, 2013).

a. Membuat sulfur dioksida (SO_2)

Membakar sulfur (belerang) dengan udara berdasarkan reaksi berikut:



atau bisa juga dengan membakar *pyrite* dengan udara, reaksi berikut :

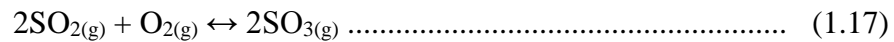


Dalam beberapa kasus, udara yang digunakan untuk menghasilkan sulfur dioksida sudah mengandung oksigen untuk tahap selanjutnya.



- b. Mengubah sulfur dioksida (SO₂) menjadi sulfur trioksida (SO₃)

Reaksi pembentukan sulfur trioksida ini berupa reaksi *reversible* dan eksotermis.

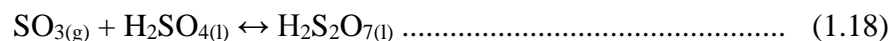


$$\Delta H = -196 \text{ kJ/mol}$$

Katalis yang digunakan adalah vanadium pentaoksida V₂O₅.

- c. Mengubah sulfur trioksida (SO₃) menjadi asam sulfat (H₂SO₄)

Setelah sulfur trioksida terbentuk, tidaklah mudah menghasilkan asam sulfat hanya dengan mencampurkan sulfur trioksida dengan air. Hal tersebut akan menghasilkan *fog* (kabut) asam sulfat yang sangat beracun dan berbahaya. Sebagai gantinya sulfur trioksida dikontakkan terlebih dahulu dengan asam sulfat.



Produk yang dihasilkan dari reaksi di atas disebut *fuming sulphuric acid* atau oleum.

Kemudian oleum direaksikan dengan air. Reaksi ini sudah aman. Asam sulfat yang dihasilkan 2 kali lebih banyak dari asam sulfat yang dikontakkan dengan sulfur trioksida.



1.4.1.3. Proses *wet sulfuric acid* (WSA)

Prinsip-prinsip dasar dari proses WSA adalah ketika umpan sulfur diterima sebagai senyawa yang mudah terbakar, seperti misalnya sulfur cair elemental atau gas hidrogen sulfida, atau gas SO₂, misalnya dari industri *metallurgi*. Nama *Wet gas Sulfuric Acid* berarti asam pekat dihasilkan oleh kondensasi dari proses gas basah. Sebagai konsekuensi dari ini, kebutuhan untuk pengeringan gas umpan proses sebelum diproses lebih lanjut dihilangkan (Rosenberg, 2006).

Tata letak proses dan neraca panas tergantung pada apakah umpan sulfur diterima dalam bentuk yang membutuhkan pembakaran untuk mengoksidasi senyawa sulfur untuk sulfur dioksida, atau kandungan sulfur sudah ada di sulfur dioksida (Rosenberg, 2006).



Sulfur dioksida berbentuk gas yang dihasilkan dari industri logam sangat bervariasi, baik dalam aliran gas dan konsentrasi sulfur dioksida, semua tergantung pada proses hulu dari unit SO_2 fiksasi. Jika unit SO_2 fiksasi didasarkan pada proses oksidasi katalitik SO_2 , gas harus dilakukan pemanasan untuk menghilangkan racun katalis, seperti arsenik. Proses penghilangan racun katalitik dari gas tersebut biasanya terdiri dari pendingin, unit *scrubbing*, *cooling tower* dan *electrostatic precipitator* basah. Gas umpan ke pabrik WSA biasanya *saturated* (jenuh), yaitu biasanya pada suhu $30\text{--}35^\circ\text{C}$ dan dengan kadar air sekitar 6-7% (Rosenberg, 2006).

Udara yang telah digunakan untuk pendinginan dalam kondensor WSA, bersuhu sekitar $210\text{--}220^\circ\text{C}$ dan dalam jumlah yang cukup untuk pemanasan awal gas umpan proses bersuhu sekitar 150°C . Pemanasan lebih lanjut dari gas proses untuk suhu operasi katalis konversi SO_2 sekitar 410°C menggunakan panas yang dihasilkan dalam reaktor konversi SO_2 (Rosenberg, 2006).

Secara garis besar proses WSA terdiri dari 3 tahap (Rosenberg, 2006).

a. Konversi SO_2

Proses konversi SO_2 di sebuah pabrik WSA mirip dengan konversi SO_2 di pabrik asam sulfat konvensional didasarkan pada proses absorpsi, bedanya bahwa reaksi katalitik terjadi dalam gas basah. Katalis oksidasi SO_2 basah telah digunakan selama puluhan tahun, dan sebagian besar katalis oksidasi Topsoe SO_2 adalah dari VK-series

Desain *converter* SO_2 tergantung pada konsentrasi SO_2 dalam gas proses dan tingkat removal SO_2 serta memiliki satu, dua atau tiga *bed* katalis. Dalam *multibed*, pendingin interbed diperlukan Pengembangan asam

Gas proses yang keluar dari bed katalis terakhir akan bersuhu sekitar $400\text{--}450^\circ\text{C}$ dan biasanya mengandung SO_3 serta uap air. Sebelum gas proses memasuki kondensor WSA, suhu harus dikurangi



ke tingkat yang dapat diterima oleh bahan konstruksi kondensor, tidak boleh melebihi 290°C . Proses pendinginan gas dapat dilakukan dalam beberapa cara, dan memberi kontribusi besar terhadap efisiensi panas yang sangat baik dari teknologi WSA. Hal ini, bagaimanapun, sama-sama penting bahwa suhu gas proses disimpan jauh di atas *dew point* asam sulfat, sehingga dapat dipastikan bahwa tidak ada kondensasi asam terjadi di luar kondensor WSA.

Bagian-bagian kondensor berupa shell vertikal dan tube falling film kondensor/konsentrator dengan tabung yang terbuat dari asam dan *shock resistant* boron-silikat. Sementara gas proses mengalir ke atas di dalam tabung, yang didinginkan pada sisi shell dengan udara ambien, asam sulfat mengembun pada dinding tabung. Ketika mengalir ke bawah dan meningkatnya panas gas proses, asam akan berkonsentrasi untuk biasanya 98% wt.

Kondensor menghasilkan udara panas pada suhu sekitar 220°C , yang dapat digunakan baik untuk proses pemanasan gas atau pembakaran udara, seperti dijelaskan di atas, sehingga dapat memulihkan panas kondensasi asam sulfat.

Gas proses yang sudah bersih meninggalkan kondensor dengan suhu sekitar 100°C dan mengandung kabut asam yang sedikit.

b. Pendinginan asam

Asam sulfat keluar dari kondensor pada suhu kondensasi, sekitar $250\text{-}260^{\circ}\text{C}$. Dengan resirkulasi asam dingin, asam panas didinginkan segera ke suhu diterima *fluoropolymer* berjajar.

Insana (2008) merancang pabrik asam sulfat dengan bahan baku dari sulfur dan udara kapasitas 300.000 ton/tahun. Prancangan pabrik asam sulfat tersebut menggunakan proses kontak.

Sementara Setianto dan Wahyu (2013) juga merancang asam sulfat berkapasitas 18.000 ton/tahun menggunakan proses kontak. Namun, jumlah absorber yang digunakan hanya satu buah.



1.4.2. Pemilihan proses

Dari deskripsi beberapa proses di atas maka dipilihlah proses kontak dalam prarancangan pabrik asam sulfat dari sulfur dan udara dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Keuntungan proses kontak
 1. Proses dilakukan dalam tekanan rendah (*atmosferis*) sehingga lebih murah operasional.
 2. Peralatan yang digunakan relatif kecil dan murah.
 3. Katalis yang digunakan yaitu V_2O_5 dengan keunggulan:
 - a. Relatif kebal terhadap polutan atau racun
 - b. Investasi awal rendah dan penggantian hanya 5% per tahun.
- b. Kelemahan proses kontak

Kelemahan hanya ada pada katalis V_2O_5 yang digunakan, yaitu:

 1. Kurang aktif sehingga membutuhkan oksigen yang lebih banyak
 2. Harus direaksikan dengan SO_2 encer (10-20%)
- c. Perbandingan proses *Chamber* dengan proses kontak

Proses *Chamber* tidak bisa digunakan seluas proses kontak karena asam sulfat dari proses kontak yang menghasilkan asam sulfat murni. Proses kontak juga dapat menghasilkan asam sulfat dengan jumlah yang jauh lebih besar daripada asam sulfat yang dihasilkan proses *Chamber*.
- d. Perbandingan proses WSA dengan proses kontak

Proses WSA menghasilkan asam sulfat dengan konsentrasi yang lebih rendah daripada asam sulfat yang dihasilkan dari proses kontak.

1.4.3. Kegunaan produk asam sulfat

Penggunaan utama asam sulfat adalah dalam produksi pupuk, misalnya, superfosfat kapur dan amonium sulfat. Asam sulfat juga banyak digunakan dalam pembuatan bahan kimia, misalnya, dalam membuat asam klorida, asam nitrat, garam sulfat, deterjen sintetik, pewarna dan pigmen, bahan peledak, dan obat-obatan. Selain itu, digunakan juga dalam penyulingan minyak bumi untuk mencuci kotoran dari bensin dan produk



kilang lainnya. Asam sulfat digunakan dalam pengolahan logam, misalnya, dalam (pembersihan) besi dan baja sebelum *coating* dengan timah atau seng. Asam sulfat juga berfungsi sebagai elektrolit dalam baterai timbal-asam penyimpanan yang biasa digunakan dalam kendaraan bermotor (asam untuk penggunaan ini, mengandung sekitar 33% H_2SO_4 dan dengan berat jenis sekitar 1,25, sering disebut asam baterai) (Nexant, 2009).

1.4.4. Sifat fisis

Sifat fisis bahan-bahan yang ada di dalam perancangan pabrik asam Sulfat adalah sebagai berikut (Yaws, 1999):

a. Sulfur (belerang)

Fase	: padat
Rumus molekul	: S
Berat molekul	: 32,066 g/mol
Titik didih	: 444,68°C (1 atm)
Titik lebur	: 115,21°C (1 atm)
Suhu kritis	: 1039,85°C
Tekanan kritis	: 182 bar
Kemurnian	: -Belerang : 99,97%
	-Air : 0,02%
	-Zat pengotor (impuritas) : 0,01%
Bentuk	: padatan berwarna kuning kemerahan

b. Udara

Fase	: gas
Rumus molekul	: 21% O_2 ; 79% N_2
Berat molekul	: 28,84 g/mol
Densitas	: $1,5 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ (25°C)
Kemurnian	: 21% O_2 ; 79% N_2
Kadar Air	: maks 1%
Kapasitas panas	: 7,035 kal/mol°C (32°C)
Bentuk	: gas tak berwarna (<i>colourless</i>)



c. Air Proses

Fase	: cair
Rumus molekul	: H_2O
Densitas	: 1 g/cm^3 (25°C)
Viskositas	: 1 cp (25°C)
Bentuk	: cairan tak berwarna (<i>colourless</i>)

d. Vanadium Pentaoksida

Fase	: padat
Rumus molekul	: V_2O_5
Berat molekul	: $181,90 \text{ g/mol}$
Titik didih	: 1750°C
Titik leleh	: 800°C
Densitas	: $3,357 \text{ g/cm}^3$
Kemurnian	: $99,6\% V_2O_5$; $0,4\%$ impuritas
Kapasitas panas	: $130,687 \text{ J/mol.K}$
Ukuran partikel	: 20 mesh
Bentuk	: <i>granules</i> kuning kemerahan

e. Sulfur dioksida

Fase	: gas
Rumus molekul	: SO_2
Berat molekul	: $64,065 \text{ g/mol}$
Titik didih	: $-10,02^\circ\text{C}$
Titik leleh	: $-73,15^\circ\text{C}$
Suhu kritis	: $157,6^\circ\text{C}$
Tekanan kritis	: $78,84 \text{ bar}$



f. Sulfur trioksida

Fase	: gas
Rumus molekul	: SO_3
Berat molekul	: 80,0645 g/mol
Titik didih	: 44,75°C
Titik leleh	: 16,8°C
Suhu kritis	: 217,7°C
Tekanan kritis	: 82,07 bar

g. Asam Sulfat

Fase	: cair
Rumus molekul	: H_2SO_4
Berat molekul	: 98,0795 g/mol
Titik didih	: 336,85°C
Titik beku	: 10,31°C
Suhu kritis	: 651,85°C
Tekanan kritis	: 64 bar